琉球大学学術リポジトリ

二面交配におけるヘテロシス, 組合せ能力および正逆交雑の差異(イネの一代雑種利用に関する基礎的研究 II)(農学科)

メタデータ	言語: Japanese
	出版者: 琉球大学農学部
	公開日: 2008-02-14
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 村山, 盛一, Murayama, Seiichi
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4454

イネの一代雑種利用に関する基礎的研究 II

二面交配におけるヘテロシス，組合せ能力および正逆交雑の差異

村　山　盛　一*

Seiichi MURAYAMA : Basic studies on utilization of F_1 hybrid in rice II. Degree of heterosis, combining ability and reciprocal difference in diallel crosses

I 緒　　言

一代雑種利用にあたっては，まず組合せ能力の高い親を選定することが重要である。この際従来は体験的に交配組合せを決定している場合が多かったが，統計遺伝学の発達により交配組合せ選定の一つの方法として二面交配法（2，3，5，9）の効用が提案され，すでに小麦（1）や棉(7，8)およびその他の作物においてはこの方法を適用して組合せ能力の検定を行なっているが，イネにおいては川瀬・中島（6）がこの方法を適用している程度に過ぎない。

本実験はイネにおいて二面交配を行ない，ヘテロシス程度と組合せ能力の検定および正逆交雑による雑種強勢程度の差異について検討し，イネの一代雑種利用を考える際に重要である交配母本選定にあたっての基礎的素材を提供しようとして行なったものである。

II 材料および方法

品種の系譜的関係から遠縁と思われる日本稲7品種すなわち雄町・白玉・農林18号・ミホニシキ・アケボノ・ベニセンゴク・ホウヨクを交配親に用いて二面交配（diallel cross）を行ない，41組合せ（1組合せは採種後紛失した。）のF_1種子を得た。これらのF_1種子と交配親に用いた7品種の自殖種子はウスプルン1000倍液で10時間消毒後1967年6月2日に苗箱に播種し，同年7月7日九州大学農学部附属農場において3反復の乱塊法で栽培した。

栽植密度は系統間の競合をできるだけ少なくするため30*cm*×23*cm*で慣行法に比べてやや疎植とし，栽植は各ブロックとも1系統1列で，原則としてそれぞれ12個体ずつ栽植した。

肥料は基肥として10アール当り窒素 3.15*kg*，燐酸 6.0*kg*，加里 9.0*kg*を7月15日に施し，追肥として窒素 2.1*kg*，加里 6.0*kg*を8月21日に施した。これは九大附属農場のある福岡県粕屋郡地方における奨励品種ホウヨクを基準にした標準施肥量に比べると極めて少肥である。

調査は精籾重（以下「収量」と略す）・精籾千粒重（以下「千粒重」と略す）・一株穂数（以下「穂

* 琉球大学農学部農学科
琉球大学農学部学術報告，19：57～64（1972）
本論文の要旨は日本育種学会において発表した

数」と略す）・最長稈の一穂粒数（以下「粒数」と略す）および最長稈長（以下「稈長」と略す）について行なった。調査個体数は各ブロックとも1系統10個体を原則としたが，生育途中の病害のため10個体調査が不可能なのも2，3あった。

III　実験結果および考察

1　収　量

収量に関して中間親と比較した場合のヘテロシス程度については表1に示し，7品種および41組合せのF_1の一株収量については表2に示した。

表1　収量におけるヘテロシス（中間親に対する%）
Table 1. Heterosis in grain yield (% to mid parent)

♀ \ ♂	Omachi	Miho-nishiki	Benisen-goku	Norin 18	Hoyoku	Shira-tama	Akebono	Mean
Omachi	(55.1)	98	102	115*	125**	101	116*	110
Miho-nishiki	108	(64.7)	103	91	124**	98	97	104
Benisen-goku	125**	98	(47.0)	113	125**	110	111	114
Norin 18	95	86	105	(54.9)	115	106		101
Hoyoku	117*	100	122*	110	(36.9)	128**	121*	116
Shira-tama	109	97	106	106	115	(51.9)	102	106
Akebono	111	94	117*	108	116	107	(51.5)	109
Mean	111	96	109	107	120	103	109	

Note (　　) : yield of parent per plant
*, ** indicate significant difference at 5 and 1 % level respectively.

表2　個体当り収量（g）
Table 2. Grain yield (g/plant)

♀ \ ♂	Omachi	Miho-nishiki	Benisen-goku	Norin 18	Hoyoku	Shira-tama	Akebono	Mean
Omachi	(55.1)	58.6	52.1	63.4**	57.6**	54.0	61.9*	57.9
Miho-nishiki	64.8	(64.7)	57.5	54.5	62.9**	57.1	56.3	58.9
Benisen-goku	63.7**	55.0	(47.0)	57.4	52.5**	54.6	54.5	56.3
Norin 18	52.4	51.5	53.8	(54.9)	52.8	56.4		53.4
Hoyoku	54.0*	50.7	51.2*	50.4	(36.9)	56.8**	53.7*	52.8
Shira-tama	58.2	56.7	52.6	56.7	51.1	(51.9)	52.6	54.7
Akebono	59.2	54.4	57.9*	57.6	51.1	55.4	(51.5)	55.9
Mean	58.7	54.5	54.2	56.7	54.7	55.7	55.8	

Note　*,** indicate significant difference at 5 and 1 % level respectively

特定組合せ能力については41組合せ中11組合せで有意なヘテロシスを示し，うち雄町×ホウヨク，ミホニシキ×ホウヨク，ベニセンゴク×雄町，ベニセンゴク×ホウヨク，ホウヨク×ベニセンゴク，ホウヨク×白玉およびホウヨク×アケボノの7組合せでは20%以上の増収をみた。また個体収量でみると有意なヘテロシスを示したものの中で，60g以上のものは雄町×農林18号，雄町×アケボノ，ミホニシキ×ホウヨク，ベニセンゴク×雄町の4組合せで，そのうち上記の20%以上のヘテロシスを示した7組合せに含まれているのは2組合せしかなく，ヘテロシス程度の高い組合せが必ずしもF_1収量が高いとは言えない。したがって実用的な面からの有望組合せとしては個体当り収量も多く，ヘテロシス程度も比較的高い上記4組合せに着目した方がよい。さらにミホニシキ×雄町のF_1は有意差はないが64.8gと全供試系統中最高収量を示しており，これについて今後さらに詳しい検討が必要である。

一般組合せ能力についてはヘテロシスの点からみるとホウヨクが母本に用いた場合と父本に用いた場合とでは平均ヘテロシスがそれぞれ116%および120%で最も高く，次いでベニセンゴク，雄町の順で高いが，一株収量でみると雄町の方が母本にした場合57.9gでミホニシキに次いで高く，父本に用いた場合58.7gで最も高い。一方ホウヨクは母本に用いた場合52.8gで7品種中最も低く，父本に用いた場合は54.7gでベニセンゴク，ミホニシキに次いで低い。またミホニシキは母本にした場合は平均収量が58.9gで最も高いが，父本に用いた場合は54.5gで二番目に低い。以上のことから判断すると交配親としては雄町が7品中では最も優れていると考えられる。

正逆交雑における差異についてはベニセンゴク×雄町では25%の高いヘテロシスを示しているが，逆交雑では2%増にすぎない。また農林18号×雄町では5%中間親より低いがその逆交雑では15%のヘテロシスを示している。さらにホウヨクとミホニシキの組合せでも正交雑ではヘテロシスはみられないが，逆交雑では24%のヘテロシスを示し，両者の間にかなりの差異がみられた。

このように収量に関して組合せによっては正逆両交雑間にかなりの差異を生じたことは交配に際して同一品種を母本に用いるか父本に用いるかは雑種強勢がより強く現われる方向で決定すればよいことを意味する。

2 穂 数

穂数におけるヘテロシスについては表3に示した。中間親をしのいだのが13組合せあるが，一般に

表3 穂数におけるヘテロシス（中間親に対する%）

Table 3. Heterosis in panicle numbers (% to mid-parent)

♀ \ ♂	Omachi	Miho-nishiki	Benisen-goku	Norin 18	Hoyoku	Shira-tama	Akebono	Mean
Omachi	(15.9)	95	99	108	105	99	105	102
Miho-nishiki	96	(21.9)	93	91	100	98	90	95
Benisen-goku	108	90	(23.4)	98	100	99	104	100
Norin 18	93	88	99	(17.9)	98	98		95
Hoyoku	98	89	98	95	(22.2)	104	103	98
Shira-tama	104	89	93	99	97	(15.5)	101	97
Akebono	108	91	102	104	100	104	(19.7)	102
Mean	101	90	97	99	100	100	101	

Note. ( ) : panicle numbers per plant

ヘテロシスの程度は低く，有意差のある組合せはみられなかった。

特定組合せ能力については雄町×農林18号，ベニセンゴク×雄町，アケボノ×雄町の３組合せにおいてヘテロシスの程度は最も高いが，８％程度の増加で大して問題にならない。

一般組合せ能力についても特に高いものはなく，７品種の中では雄町，アケボノがよく，ミホニシキは低い。

Jennings（4）は穂数においても顕著なヘテロシスがみられたと報告しているが，本実験の結果からすると穂数におけるヘテロシスはあまり期待できない。

正逆交雑の差については，雄町と農林18号の組合せにおいてかなりの差がみられたが，有意ではなかった。

3　粒　数

粒数におけるヘテロシスについては表４に示した。特定組合せ能力については29組合せでF_1が中

表4　一穂粒数におけるヘテロシス（中間親に対する％）

Table 4. Heterosis in spikelet numbers per panicle (% to mid-parent)

♀ \ ♂	Omachi	Miho-nishiki	Benisen-goku	Norin 18	Hoyoku	Shira-tama	Akebono	Mean
Omachi	(200)	97	100	101	104	95	105	100
Miho-nishiki	98	(173)	101	94	107	99	101	100
Benisen-goku	104	101	(124)	105	118**	104	103	106
Norin 18	97	95	103	(177)	93	102		98
Hoyoku	104	101	122**	107	(117)	117**	110*	110
Shira-tama	101	107	106	106	111*	(189)	97	103
Akebono	101	99	107	96	102	103	(150)	101
Mean	101	100	107	102	106	103	103	

Note. (　　): spikelet numbers per panicle of parent

*, ** indicate significant difference at 5 and 1 % level respectively

間親を凌いでおり，うち５組合せでは有意であった。組合せ能力の高いのはホウヨクとベニセンゴクの正逆交雑で，この両組合せでは約20％の高いヘテロシスを示した。組合せ能力の最も低いものでも中間親より６％減にとどまり，収量構成形質の中では粒数におけるヘテロシスが最も高い。

一般組合せ能力の高いのはホウヨクとベニセンゴクで，残りは中間親と大差はない。

正逆交雑についてはホウヨクと農林18号の正逆交雑においてはかなりの差がみられた。

4　千粒重

千粒重におけるヘテロシスについては表５に示した。

表5 1000粒重におけるヘテロシス（中間親に対する%）
Table 5. Heterosis in 1000 kelnel weight (% to mid-parent)

♀ \ ♂	Omachi	Miho-nishiki	Benisen-goku	Norin 18	Hoyoku	Shira tama-	Akebono	Mean
Omachi	(28.3)	101	101	102	109**	101	103	103
Miho-nishiki	101	(26.8)	104	101	107**	101	104*	103
Benisen-goku	103	105**	(24.6)	106**	106**	103	104	105
Norin 18	101	102	104	(25.9)	106**	104*		103
Hoyoku	106**	104	106**	105*	(23.9)	103	107**	105
Shira-tama	101	103	106**	103	103	(27.8)	101	103
Akebono	104	102	109**	107**	102	100	(25.8)	104
Mean	103	103	105	104	106	102	104	

Note. (　) : 1000 kelnel weight of parent
*,** indicate significant difference at 5 and 1 % level respectively

特定組合せ能力については全組合せで中間親をしのぎ，うち15組合せでは有意であった。しかしヘテロシスの程度は概して低く，組合せ能力の最も高い雄町×ホウヨク，アケボノ×ベニセンゴクにおいても9%程度の増加に過ぎない。

一般組合せ能力についてはホウヨクとベニセンゴクの場合は若干高い傾向を示しているが，品種間に大差はみられない。

また，アケボノとベニセンゴクおよびアケボノとホウヨクの正逆交雑間においては有意な差異がみられた。

このように千粒重においてはヘテロシスの程度は低いが，多くの組合せで有意差がみられた。このことは千粒重における誤差分散が他の形質におけるそれに比べて小さいためにわずかの差でも有意となって現われたと考えられる。

5 稈　長

稈長におけるヘテロシスについては表6の通りである。

表6 稈長におけるヘテロシス（中間親に対する%）
Table 6. Heterosis in culm length (% to mid-parent)

♀ \ ♂	Omachi	Miho-nishiki	Benisen-goku	Norin 18	Hoyoku	Shira-tama	Akebono	Mean
Omachi	(116)	101	104**	99	103*	100	100	101
Miho-nishiki	100	(93)	106**	100	104*	99	100	102
Benisen-goku	104**	108**	(78)	103**	113**	103**	106**	107
Norin 18	99	98	106**	(95)	106**	102		102
Hoyoku	103*	103	113**	103**	(76)	103**	106**	106
Shira-tama	101	102	109**	103**	103**	(114)	103*	104
Akebono	100	100	108**	103*	107**	100	(90)	103
Mean	101	102	108	103	106	102	103	

Note. (　) : culm length of parent (cm) .
*,** indicate significant difference at 5 and 1 % level respectively

特定組合せ能力については37組合せが中間親以上の値を示しているが，ヘテロシスの程度は概して低く，最も組合せ能力の高いホウヨクとベニセンゴクの正逆交雑においても13%程度の増加に過ぎない。しかし，24組合せにおいては有意な増加を示している。このようにヘテロシスの程度はそれほど高くなくても多くの組合せで有意差がみられたのは千粒重におけると同様に稈長における誤差分散が小さかったためと考えられる。

一般組合せ能力についてはホウヨク・ベニセンゴクのような短稈品種では母本および父本のいずれに用いても組合せ能力は高く，これら両品種を含む組合せはホウヨク×ミホニシキ以外はすべて有意であった。また，雄町のように長稈品種を一方の親に用いた組合せにおいてはヘテロシスは低い傾向を示した。

更に表2でみたように収量の点からみるとかなり有望と思われた組合せ，すなわち，雄町×農林18号，雄町×アケボノ，ミホニシキ×ホウヨクおよびベニセンゴク×雄町の4組合せについて，稈長のヘテロシスをみると中間親と大差はない。このことは最近の品種改良の方向が耐肥性・耐倒伏性の多収型品種の育成という観点から短稈化の方向をたどりつつあることからするとむしろ望ましい現象といえる。

正逆交雑の差についてはそれほど大きな差異はみられなかった。

6　二面交配分析法による分散分析

Hayman（2）の方法に従って分散分析を行なうと表7のようになる。

表7　二面交配表の分散分析
Table 7. The analysis of variance of diallel tables

factors of variance	degree of freedom	mean square			
		grain yield	1000 kelnel weight	panicle numbers	spikelet numbers
general combining ability	6	22118**	15.46**	88.04**	7446**
specific combining ability	21	7463*	1.97**	3.75*	239*
reciprocal difference (general)	6	6014	0.23	2.67	87
reciprocal difference (specific)	15	677	0.44**	0.28	31

一般および特定両組合せ能力についてはどの形質においても有意差がみられた。このことはこれまで述べてきたことを統計的に裏付けるものであるが，特に一般組合せ能力が全形質を通じて1%水準という高い精度で有意差を示したことは組合せ親の決定にあたって品種の選定が如何に重要であるかを示唆するものである。

正逆交雑の差については，千粒重において特定の正逆交雑間に差がみられたに過ぎない。しかし，これまで述べてきたように各形質において特定の正逆交雑間にかなりの差を生ずるものもあり，この点については更に詳しい検討がなされるべきである。

IV　摘　　要

イネにおけるヘテロシスの程度と一般，特定両組合せ能力の検定，さらに正逆交雑における差異につ

いて検討するために日本稲7品種を用いて二面交配を行なった。調査は収量・穂数・粒数・千粒重・稈長について行なった。

1. 収量における特定組合せ能力については41組合せ中11組合せで有意に中間親をしのぎ，うち7組合せでは20%以上の増加をみた。一般組合せ能力についても品種間に差異がみられた。また，2，3の組合せでは正逆交雑における差異もみられた。

2. 穂数においては組合せ能力は低く，また正逆交雑における差異もみられなかった。

3. 粒数においては収量構成形質中ヘテロシス程度は最も高く，5組合せで10%以上のヘテロシスを示し，これらの組合せはいずれも有意であった。一般組合せ能力についても品種間に差異があり，さらに2，3の組合せでは正逆交雑における差異もみられた。

4. 千粒重においては全組合せでF_1は中間親より重く，15組合せでは有意であった。しかしヘテロシスの程度は概して低く，最も高いものでも9%のヘテロシスを示したに過ぎない。

一般組合せ能力については品種間に大差はなく，また2，3の組合せでは特定の正逆交雑間に有意差がみられた。

5. 稈長においては24組合せで有意なヘテロシスを示しているが，その程度は概して低く，最も組合せ能力の高いものでも13%高くなっているに過ぎない。またヘテロシスの程度は短稈品種間におけるF_1では高く，長稈品種間におけるF_1では低くなる傾向がみられた。

6. Hayman（2）の二面交配分析法に従って収量・穂数・粒数・千粒重について分散分析を行なうと一般および特定両組合せ能力についてはこれら全ての形質において有意差がみられたが，正逆交雑の差については千粒重の特定な正逆交雑間に有意差を生じたに過ぎない。

謝　　辞

本研究は，著者が九州大学大学院農学研究科育種学教室在学中に実施したものである。研究を行なう過程で多大な御指導を賜わった永松土己九州大学名誉教授並びに大村武助教授に感謝の意を表する。

文　　献

1. Fonseca Santiago and Patterson Fred L. 1968 Hybrid Vigor in a seven-parent diallel cross in common winter wheat (*T. aestivum* L.), Crop Sci., **8**：85～88
2. Hayman, B. I. 1954 The analysis of variance of diallel table, Biometrics, **10**：235～244
3. ―――――― 1954 The theory and analysis of diallel cross, Genetics, **39**：789～809
4. Jennings, P. R. 1966 Evaluation of partial sterility in *indica* × *japonica* rice hybrids. The International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. Tech. Bull.
5. Jinks, J. L. 1954 The analysis of continuous variation in a diallel cross Nicotiana rustica varieties, Genetics, **39**：767～788
6. 川瀬恒男，中島時雄 1970 水稲主要品種間のF_1における雑種強勢について，育雑，**20** 別冊2：100～101
7. Lee Joshua, A., Miller, P.A. and Rawlings, J.O. 1967 Interaction of combining ability effects with environments in diallel crosses of upland cotton (*Gossypivm hirsutum* L.), Crop Sci., **7**：477～481
8. White, T.G. and Richmond, T.R. 1963 Heterosis and combining abiliity in top

and diallel crosses among primitive, foreign, and cultivated american upland cottons, Crop Sci., **3** : 58~63

9. Yates, F. 1947 Analysis of data from all possible reciprocal crosses between a set of parental lines, Heredity, **1** : 287~301

Summary

To study degree of heterosis, specific and general combining ability, and difference of reciprocal crosses in rice, the author carried out diallel crosses between seven Japanese varieties, and obtained 42 F_1 hybrids (one of them was lost) . These F_1 hybrids and seven parental varieties were cultivated under field conditions at Kyushu university in 1967. The characters which investigated in this experiment were grain yield, panicle numbers, spikelet numbers, 1000 kelnel weight and culm length.

The following will be the results of this study;

1. In grain yield, specific combining ability was high, and 11 F_1 hybrids of 41 were significantly difference. And 7 of them exceeded mid-parent by more than 20 %. Some reciprocal crosses showed considerable difference.
2. In panicle numbers, combining ability was low, and no F_1 hybrid showed significant difference.
3. In spikelet numbers, degree of heterosis was remarkable, and 5 F_1 hybrids exceeded mid parent by more than 10%, and all of them were significant. For a general combining ability, there existed difference between varieties. And some F_1 hybrids showed considerable difference between reciprocal crosses.
4. 1000 kelnel weight, all F_1 hybrids exceeded mid-parent, among of them, 15 were significant. For a general combining ability, there was no difference between varieties. And some F_1 hybrids showed significant difference between reciprocal crosses.
5. In culm length, 24 F_1 hybrids showed heterosis significantly. But degree of heterosis was not so high.
6. The results of the analysis of variance of diallel table by Hayman (2) showed significant difference for a specific and general combining ability in all characters investigated in this experiment. For a reciprocal crosses, there was seen significant difference only in 1000 kelnel weight.